

## Precision spatial point determination device for measuring machine



Patent Number: DE4345095  
Publication date: 1995-06-22  
Inventor(s): ZIEGENBEIN RAINER (DE)  
Applicant(s): PERTHEN FEINPRUEF GMBH (DE)

Requested Patent:  DE4345095

Application Number: DE19934345095 19931231

Priority Number(s): DE19934345095 19931231

IPC Classification: G01B21/04; G01D3/00

EC Classification: G01B5/00C, G01B5/008

Equivalents:

---

### Abstract

---

The device uses elongate reference elements extending along each of the machine axes, scanned by adjacent measuring sensors, for determining the path deviation resulting from the movement of each machine carriage along its respective guide. The corresponding measuring signals are fed to a processor, for calculation of position or path coordinates, or setting signals. The reference elements are supported so that they are free from external forces and are coupled together at coupling points, at which the measuring sensors, determining the relative movement are located.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BEST AVAILABLE COPY**

⑤ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑤ Patentschrift  
⑤ DE 43 45 095 C 1

⑤ Int. Cl. 5:  
G 01 B 21/04  
G 01 D 3/00

DE 43 45 095 C 1

- ⑤ Aktenzeichen: P 43 45 095 A-52  
⑤ Anmeldetag: 31. 12. 83  
⑤ Offenlegungstag: —  
⑤ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 22. 8. 85

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑤ Patentinhaber:  
Feinprüf Perthen GmbH Feinmeß- und Prüfgeräte,  
37073 Göttingen, DE

⑤ Vertreter:  
Rüger, R., Dr.-Ing.; Bertheit, H., Dipl.-Ing..  
Pat.-Anwälte, 73728 Esslingen

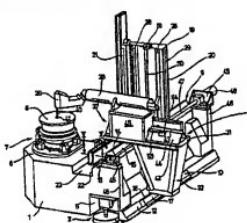
⑤ Erfinder:  
Ziegenbein, Rainer, 37124 Rosdorf, DE

⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 09 234 A1  
DE 35 28 918 A1  
DE 31 50 877 A1  
GB 8 07 984  
Proc. of 18th MTDR Conference 1977, S. 569-575;

⑤ Vorrichtung zur exakten Bestimmung von Raumpunkten bei einer mehrere Bahnscheiben aufweisenden Maschine, insbesondere Meßmaschine

⑤ Eine Vorrichtung zum exakten Bestimmen von Raumpunkten bei einer mehrere Bahnscheiben aufweisenden Maschine, insbesondere einer Meßmaschine, weist ein mehrzähliges Transportsystem für längsbeweglich gelagerte Schlitze und ein entsprechend mehrschichtiges Bezugssystem für das Transportsystem zusammen mit dem Bezugssystem ist. Das Transportsystem ist lediglich so dimensioniert, dass der Abstand der Schlitze aufweisen den Transport- und Gewichtsstreifen ausgleicht, während das Bezugssystem mit Bezugsschlitzen ausgestattet ist, die im wesentlichen frei von Achsenkreisfehlungen gelagert sind. Kopplungsstellen sind Maßstabs angeordnet, die zwischen benachbarten Bezugsschlitzen eine Abhängigkeit der Reibbewegungen feststellen, für die Größe und Richtung überbewegungen feststellen, um die Meßsignale zu erzeugen, die einem Rechner zugeführt und in diesem verarbeitet werden.



DE 43 45 095 C 1

1  
Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur exakten Beaufschlagung von Reibungsstellen bei mehreren Bahnschienen einer Maschine, insbesondere Meßmaschinen die ein Führungssystem mit entsprechend der einzelnen Bahnschienen ausgerichteten länglichen Führungen und auf diesen längsbeweglich gelagerte Schlitzen aufweist, von denen wenigstens einer zur Ausführung eines längs einer vorbestimmten Achse des Rades der abgewendeten Teile abgerichtet ist und wobei einzelne Bahnschienen die ausgerichtete längliche Bezugselemente angeordnet sind, die durch ihnen beanspruchte Meßstifter abstandslinie sind, welche bei der Bewegung des jeweiligen Schlitzens längs seiner Führung auftretende Bahnbewegungen durch dem entsprechenden Bemühen festgestellt und für die erforderliche Meßwerte kennzeichnende Meßwertsignale in einem Rechner eingegeben, der eine Meßwertgenauigkeit erzeugt.

Bei mehreren Bahnschienen aufweisenden Maschinen, wie etwa Werkzeugmaschinen oder Meßmaschinen, um nur zwei Beispiele zu erwähnen, ist es in der Regel mit den Achsen eines koordinaten Koordinatensystems zusammenhängende Bahnschienenführungen zugeordnet, die im allgemeinen von verschiedener Weise ausgebildet sein können und die durchweg eine Doppelposition erfüllen müssen. Sie sollen zum einen die beim Transport des hier allgemein als "Schlitten" bezeichneten, geführten Teiles aufreitenden Transport- und Führungsfunktionen (Reibungs- und Beschleunigungsakzeleration) einschließlich aller an dem geführten Teil angesiedelten äußeren Kräfte (z.B. Grenzreaktionskräfte) aufnehmen und zum anderen eine präzise Führung dieses Teils längs der jeweiligen Bahnschienen gewährleisten. Beide Funktionen stellen teilweise entgegengesetzte Forderungen an die konstruktive Gestaltung der Maschine und deren Führung.

Durch fertigungsbedingte Abweichungen (transversaler und rotatorischer Art) der Gestalt und der räumlichen Lage der Führungselemente ergeben sich für den geführten Teil Abweichungen von der vorgesehenen bzw. Position die die in einer Werkzeugmaschine bzw. Position die die in einer Meßmaschine den herstellenden Werkstoffen oder bei einer Meßmaschine der an dem Meßobjekt gemessenen Meßwerten in teilweise unverhinderbarer Weise beeinträchtigen. Um diese Abweichungen gering halten, ist es erforderlich, die Führungselemente sehr genau zu fertigen, was die Herstellungskosten erhöht. Andererseits werden die Führungselemente aber durch die Transportkräfte und eine Reihe von Störgrößen, wie die bei Werkzeugmaschinen auftretenden Schnittkräfte, durch Schwerpunktverschiebung bei Verlagerung der Belastung des geführten Teiles und Beschleunigung bei Veränderung der Transportgeschwindigkeit deformiert, wodurch wiederum die Bahn- oder Positionsgenauigkeit unterliegt. Um diese Einflüsse wenigstens teilweise auszutilten, ist ein stabiler Aufbau hoher Steifigkeit des Maschinengestells und der tragenden Teile für die Führungselemente erforderlich, durch wiederum die Herstellungskosten zu erhöhen.

Während Sicherungen für die Bahn- oder Positionsgenauigkeit entstehen durch Änderungen der Umgebungstemperatur, auftretende Temperatursgradienten bewirken nämlich ebenfalls eine Deformation der Führungselemente und führen damit zu Abweichungen von der Sollbahn bzw. Position. Diese Störgrößen lassen sich konstruktiv nicht vollkommen kompensieren und

maßen häufig als die Anwendbarkeit der Maschine einschränkende Größen akzeptiert werden oder es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um solche Temperaturänderungen zu vermeiden.

Aus der GB-P5 807 594 ist eine mehrschichtige Werkzeugmaschine in derartiger Weise bekannt, bei der auf jedem Schlitten mit dem Werkstück tragender Schlitten in einer ersten Richtung (X) in einer entsprechenden Führung verschleißfrei gelagert ist, während an einem mit dem Maschinenteil starr verbundenen Balken an dem Ständer eine weitere Führung stattfindet, die einer zweiten Bahnschiene (Y) zugeordnet ist, längs derser ein zweiter Schlitten längsbeweglich ist. Um durch rechtliche translatorische Bewegungen und Kipp- oder Drehsbewegungen der Schlitten in ihren Führungsröhren hervorgerufene Bahnbewegungen zu kompensieren, sind besondere Maßnahmen getroffen. Zu diesem Zwecke ist mit dem ersten Schlitten und mit dem Ständer jeweils ein längliches Beugungselement mit einer horizontalen Achse starr verbunden, die mit einer jeweiligen Bahnschiene ausgerichtet ist und die von Meßstiften abgetastet wird, welche an dem Maschinenteil bzw. an dem zweiten Schlitten angeordnet sind. Diese räumlich vertikal angeordneten Meßstiften messen jeweils den Abstand zwischen den ersten Teilen, d.h. der Schlitten und der horizontalen Achse des zugeordneten Beugungselementes, sie geben Meßwertsignale ab die für den festgestellten Versatz des geführten Teiles gegenüber seiner idealen Bahn kennzeichnend sind. In einem Rechner werden die Meßwertsignale zu Kommandosignale für die beiden Schlitten übertragen. Die gesteuerten Stelltriebe verarbeiten die Kommandosignale und korrigieren die Lage des geführten Teiles in den Führungen so, daß das Werkstück wieder in die exakte Lage relativ zu dem Werkstück zurückgeführt wird.

Die erzielbare Genauigkeit der Bahnsicherstruktur hängt u. a. bei dieser Maschine von der Steifigkeit des Auslegers und des Maschinenteils ab. Beispielsweise von dem Ausmaß der durchgehenden elastischen Verformungen des Auslegers können in ihrer Auswirkung auf die erzielbare Bearbeitungsgenauigkeit nicht kompensiert werden. Auch führen elastische Verformungen des ersten Schlittens oder der Führungsröhre des zweiten Schlittens zu Verlusten an der mit diesen Teilen verbundenen bahnnahen Bestandteilen, mit der Folge, daß der Genauigkeit der Bestimmung der Bahnbewegungen von der Sollbahn Grenzen gesetzt sind.

Bei einer anderen, aus der DE 31 50 977 A1 bekannten Einrichtung zur Erhöhung der Genauigkeit eines Führungsfeldes, ist zur Kompenstation ihres Einflusses auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung von geführten Maschinenteilen ist ein bspw. zum Anbau an die Führungen einer Meß- bzw. Bearbeitungsmaschine geeignetes Meßsystem beschrieben, das aus einem mit Maßstablinien versehenen Trägerkörper besteht, der an diesen zugeordneten Führungsröhren befestigt ist. Auch hier bringt die erzielbare Positionsiergenauigkeit von der Steifigkeit des Auslegers und der Maschinenteils ab, auf denen der Trägerkörper befestigt ist. Anstelle eines solchen Trägerkörpers kann auch bspw. bei einer Maschine in Brückenbauweise eine Führungsröhre der Brücke zu Messstellen, Konstante und Versatz der Brücke abgelesen werden. Verformungen der Brücke sollten dabei nicht berücksichtigt werden.

Daneben ist es aus der DE 35 26 919 A1 bekannt, bei einer Meßeinrichtung zur Bestimmung der Positionsiergenauigkeit von frei programmierbaren Handsteuergeräten die Meßsignale von sechs voneinander unab-

hangigen Maßwertaufnahmen aufzuzeichnen, die von dem Handhabungsgerät relativ zu einer Schablone bewegt werden, welche die Idealkontrur der gewünschten Bewegung verkörpert. Von diesen Maßwertaufnahmen sind fünf induktive, analoge Abstandsmesser, während der sechste Maßwertaufnehmer ein digitaler Infrarotsensor ist.

Mit einer höheren Genauigkeit arbeitet eine in Proc. of 18th MTDA Conf. 1977, Seiten 569 bis 576 beschriebene Elektrur zur automatischen Feststellung und Kompensation von Bahnfehlern in Führungen von Werkzeugmaschinen, bei der die Bewegungen der geführten Teile kontinuierlich über einen Achsenmeßstab mit einem Koordinatensystem bezogen werden, das durch entsprechende Bezugslemente in Form von Normalsen gebildet ist; die unabhängig voneinander und von den Führungsfächlen der jeweils zugeordneten Führung angeordnet sind. Die Bezugslemente jeder Führung werden von jeweils fünf Längenmeßsternen abgesichert, die in einem Gelenkgetriebe so angeordnet sind, daß die translatorischen und die Kipp-, Dreh- sowie Rollbewegungskomponenten des jeweiligen Schlittens bezüglich der räumlichen Bezugslemente nach Größe und Richtung exakt ermittelt werden. Die von einem Rechner aus den entsprechenden Maßsignalen abgeleiteten Korrektursignale werden entweder direkt gezeichnet, so daß sie im Bildschirm oder bei den Meßmaschinen zur Führungskorrektur verwendet werden können oder zur Steuerung der Stellstrahler der einzelnen Achsen benutzt, derart, daß die Lagefehler kompensiert werden.

Um die Anforderungen an die Formgenauigkeit der Bezugslemente gering zu halten, wird es auf diese Druckluftantrieb und -Steuerung der oben abgetrennten Bezugslemente und -Abmessungen des abgetrennten Längenmaßstabes vor dem eigentlichen Maßvorgang zu bestimmen und die entsprechenden im Rechner gespeicherten Daten bei der Berechnung des Korrektursignale zu berücksichtigen. Mit anderen Worten, vorläufige Abweichungen der Bezugslemente vom idealen Verlauf werden über die Software in den Rechner kompensiert.

Bei dieser Einrichtung muß Sorge getragen werden, daß die Bezugslemente ihre räumliche Ausrichtung auf die Achsen des Koordinatensystems nicht in unverhinderbarer Weise verändern, weil sonst Meßfehler bei der Feststellung der Bahnanabweichungen der geführten Teile aufgetreten.

Grundsätzlich ähnliches gilt auch für eine Abweichungskorrektur und Korrekturführung für Werkzeugmaschinen, die aus der DE-OS 43 09 294 bekannt ist und die in Echtzeit arbeitet und Bettbahnanabweichungen von einer wahren Gestalt relativ zu einem Werkstück korrigiert. Längenmaßstabe sind hier die Führung des jeweiligen Werkzeugführten-Verfahrens- vorgespannter Draht als Geraheitsnormal verwendet.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, bei einer mehrachsigen Meß- oder Fertigungsmaschine der eingangs genannten Art ohne unwirtschaftlich großen konstruktiven Aufwand eine möglichst vollständige Erfassung und Kompensation von auftretenden Führungsfeldern zu erzielen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist die Maschine die Merkmale des Patentanspruchs 1 auf.

Durch die konsequente Aufteilung des Führungssystems in ein mehrachsiges Transportsystems, das allein die Aufgabe hat, die Transportkräfte zu übernehmen und ein von äußerer Kraftseinwirkung im wesentlichen frei-

gehaltenes Bezugssystem, das die Präzision der Führung und deren Lage im Bezug auf andere Achsen sicherstellt, eine optimale konstruktive Ausbildung der Elemente der beiden Systeme ist im jeweiligen Prinzip möglich. Damit lassen sich mit verhältnismäßig geringem konstruktivem Aufwand hochgenaue Meß- und Fertigungsmaschinen herstellen. Das Transportsystem muß nämlich nur noch vermindernde Anforderungen bezüglich der Führungseigenschaften erfüllen, d. h. es kann in der Regel ohne Justagelemente aufgebaut werden, wenn die zum Einsatz kommenden Achsen keine Anforderungen an die Führungen kostenfrei erfüllt werden können.

Das Bezugssystem kann seinerseits mit verhältnismäßig einfachen Mitteln im wesentlichen kräftefrei gelagert, d. h. an den entsprechenden Maschinenteilen aufgehängt werden. Das Material und die Formgestaltung seiner Bezugslemente sind so gewählt, daß die Geometrie des Bezugssystems langlebig und wenig temperaturabhängig ist.

Bei der neuen Maschine sind von den zu Positionsausbewegungen führenden Fehlerquellen die Einflüsse dynamischer Fehler, die auf Verformung des jeweiligen Führung durch Beschleunigungs- oder Bearbeitungskräfte zurückzuführen sind, und thermische Fehler, die auf die Temperaturabhängigkeit des Materialverhaltens an den Führungselementen, weitgehend kompensiert. Es ergibt sich deshalb neben den bereits erwähnten günstigen Herstellungskosten auch der Vorteil eines deutlich erweiterten Einsatzbereiches. Hochgenaue Meß- und Fertigungsmaschinen, die bisher nur in klimatisierten Räumen betrieben werden konnten, können nun auch in trockener Form eingesetzt werden, bei gleicher oder sogar gesteigerter Präzision arbeiten.

Die Bezugslemente des Bezugssystems sind nicht beliebig, d. h. voneinander unabhängig angeordnet, sondern an Kopplungsstellen so miteinander verketzt, daß jedes Bezugslement mit dem vorhergehenden Bezugslement durch mehrere Maßstaben an den Kopplungspunkten Positionsanänderungen der Achsen des Bezugssystems (z.Bsp. durch Einwirkung von Beschleunigungskräften) erfaßt und in dem Rechner bei der Ermittlung der Fehlerkorrektursignale zusammen mit den festgestellten Abweichungen des Schlitten von der unzulässigen Achse in Berührung gebracht werden, so daß planmäßige Stopgradien erfaßt und von dem Rechner als Korrekturwerte bearbeitet werden. Die Führungsgenauigkeit des gesamten Führungssystems hängt damit nur noch von der Präzision der einzelnen Bezugslemente ab. Dabei können die Anforderungen an das Bezugssystem bezüglich einer hohen Genauigkeit und einer hohen Abreißfestigkeit so gewählt werden, daß zumindest in einer Kalibriermessung die Bahn des jeweiligen Bezugslementes mit einer idealen Referenzbahn verglichen wird und die festgestellten Abweichungen als Datensatz in dem Rechner gespeichert und sodann bei den zukünftigen Messungen berücksichtigt werden. Die an das einzelne Bezugssystem gestellte Hintergrundanforderung kann dann nicht die Verkörperung einer idealen Bahn sondern lediglich, daß es über eine hohe Langlebigkeit und Temperaturunabhängigkeit verfügt.

In einer bevorzugten Ausführungsform tragen die Bezugslemente der einzelnen Bahnschichten des Bezugssystems endseitig starr mit ihnen verbundene Winkellemente, an denen zwei Meßstaben sitzen und die jeweils ein beobachtbares Bezugselement an der zugehörigen Kopplungsstelle übergrifflend angeordnet sind. Dabei

ist es zweckmäßig, daß an den Kopplungstellen zumindest jeweils fünf Maßstabe räumlich verteilt derart angeordnet sind, daß durch sie von der jeweiligen Bahnschne abweichenden Relativbewegungen zwischen den beiden Bezugselementen der Größe und Richtung nach erfaßbar sind.

An den vorstehend als Normale in Form von Profil-schichten oder Linien ausgebildeten Bezugselementen sind dabei in der Regel räumlich voneinander getrennte Bezeuge oder Abstandshaken für die Maßstabe eingeschaltet. Diese Bezugsbahnen können abhängig von dem Verwendungszweck und dem Aufbau der jeweiligen Maschine entweder eine so präzise Oberfläche aufweisen, daß sie unmittelbar eine Linearitätsnormale dienen oder sie müssen, wie hier verlangt, durch einen Vergleich mit einem Linearitätsnormalen zunächst kalibriert werden sein, so daß die bekannten Abweichungen der Oberfläche der Bezugsbahn in Form entsprechender Daten in dem Rechner gespeichert von diesem bei der Ermittlung der Ortskoordinatenstreuung berücksichtigt werden können.

Die Bezugselemente sind durchweg aus Teilen des Transversalsystems im wesentlichen kräftefrei zweckmäßigerweise an diskreten Aufnahmen aufgehängt, derart, daß eine Begrenzung in 6 Freiheitsgraden gegeben ist.

Die konstruktive Gestaltung der Halterung und Lagerung der Bezugselemente an den einzelnen Aufnahmen ist im Gegenstand von weiteren Unteransprüchen als ebenso wie andere Weiterentwicklungen der neuen Maschine.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine Formmeßmaschine gemäß der Erfindung in einer perspektivischen teilweise schematischen Seitenansicht,

Fig. 2 die Formmeßmaschine nach Fig. 1 in der Draufsicht,

Fig. 3 die Formmeßmaschine nach Fig. 1 in dem Zustand bei abgenommenem Z-Verschlebeschlußstein in einer perspektivischen Darstellung entsprechend Fig. 2,

Fig. 4 das Bezugssystem der Formmeßmaschine nach Fig. 1 in perspektivischer schematischer Darstellung und in einem anderen Maßstab,

Fig. 5 der Schenkel 1 eines Verschlebeschlusses der Formmeßmaschine nach Fig. 1 unter Versachalung der Halterung und Lagerung der R-Bezugsnormale in perspektivischer schematischer Darstellung und in einem anderen Maßstab und

Fig. 6 die seitliche Halterung des Y-Bezugsnormales der Formmeßmaschine nach Fig. 1 in einer Schnittdarstellung entsprechend Fig. 5 in einem Maßstab, in einer Draufsicht und in einem anderen Maßstab.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer entsprechend ausgearbeiteten mehrschaligen Formmeßmaschine erläutert, deren Bahnschne mit Y, Z und R bezeichnet sowie in Fig. 4 angedeutet sind. Die Wahl dieses Anfangsangriffspunktes bedeutet jedoch kein Beschränkung, da Erfindung ebensoviel für die verschiedensteartigen Maß-, Fertigungs- und Handhabungsmaschinen anwendbar ist, bei denen es darauf ankommt, Lagefehler der geführten Teile in den den einzelnen Bahnschne zugeordneten Führungen festzustellen und entweder unmittelbar mechanisch durch Beeinflussung der Stellantriebe der geführten Teile oder rechnerisch bei der Bestimmung der Ortskoordinaten eines Meßpunktes oder eines auf einer vorbestimmt Bahn geführten Werkzeuges und/oder Werkstückes zu be-

rücksichtigen. Demgemäß ist unter dem Begriff "Schlitzen", wie er im Rahmen der vorliegenden Beschreibung und Patentansprüche verwendet wird, allgemein ein in einer Führung zwangsgeführter beweglicher Teil zu verstehen, der abhängig von dem Aufbau und dem Einsatzzweck der dargestellten Maschine eine unterschiedliche relative Bewegung ausübt. Ein solches Schließen kann z.B. einen Weg, einer Verzahnungsumfuhr und dergleichen aufweisen kann. Auch die Konstruktion der Führung selbst ist im Rahmen der Erfindung keinen Beschränkungen unterworfen. Sie kann als Schiebe- oder Walzkörperführung mit ebener oder gekrümmten Führungsfächlen, bzw. in Gestalt von Führungsteilen oder Führungsschichten geformt sein. Ebenso können die zweckentsprechenden Walzkörper sowohl an den Achsen der Schlitzen als auch der Führungen zum Einsatz kommen.

In der Zeichnung dargestellte Formmeßmaschine ist in der sogenannten Aufsichtsbauart konstruiert. Sie weist, wie insbesondere aus den Fig. 1 bis 3 zu erkennen, in der Draufsicht im wesentlichen L-förmiges Maschinennetzwerk 1 auf, das in Guß- oder Stahl-Schweißkonstruktion ausgeführt ist. Das Maschinennetzwerk 1 ist gegen den Fußboden über eine diagonale Dreieckschwelle abgestützt, von der eine Auflagerstelle bei 2 in Fig. 1 dargestellt ist. Sie verfügt über einen als Gummimettallteil ausgebildeten Aufstellfuß 3, der über eine Stellsplinte 4 höhenverstellbar in einer entsprechenden seitlichen Ausnehmung 5 des Maschinennetzes 1 aufgenommen ist. Auf der horizontalen, ebenen Tischfläche 6 des Maschinennetzes 1 ist eine horizontale Führungsschiene 7 angeordnet, von der eine in Gestalt eines Dreiecks 8 ausgebildete Werkstückaufnahme angeordnet ist, in die im vorliegenden Falle ein zylindrisches Werkstück 9 eingesetzt ist, das von der Formmeßmaschine gerade vermessen werden soll.

An der Rückseite des unteren Schenkels des L-förmigen Maschinennetzes 1 sind zwei parallele, horizontal ausgerichtete Führungsschienen 9, 10 quadratischer Querschnitte angeordnet, die in entsprechenden Aufnahmen 11, 12 (Fig. 1-3) des Maschinennetzes 1 gelagert sind. Die beiden Führungsschienen 9, 10 sind sowohl in Horizontalrichtung als auch in Vertikallrichtung gegeneinander versetzt angeordnet, so daß durch sie an der Rückseite des Maschinennetzes 1 eins in Fig. 3 bei 13 angedeutete schräge Ebene definiert ist, die mit der Horizontalrichtung einen Winkel von ca. 20° - hier vorbehaltlich - einschließt. Generell kann die Neigung des Maschinennetzes zwischen 0° und mehr als 70° betragen.

Idee der beiden aus Stahl hergestellten Führungsschienen 9, 10 trägt zwei eben so oben bzw. außen weisende Führungsbahnen 14, 15 bzw. 16, 17, die jeweils einen Winkel von 90° miteinander einschließen und von einer entsprechenden Führungsschiene 18 begrenzt werden. Die Fig. 4 zeigt die Führungsbahnen 14, 15 der etwas oberhalb der Tischfläche 6 liegenden oberen Führungsschiene 9 fast über die gesamte Länge des zugeordneten Schenkels des Maschinennetzes 1 erstrecken. Die Führungsbahnen 16, 17 der unteren in unmittelbarer Nähe der Aufstellfläche des Maschinennetzes 1 entsprechenden Führungsschiene 10 sind kürzer (Fig. 5, 6, 1).

Auf den Führungsbahnen 9, 14 und 15, 16, 17 der beiden Führungsschienen 9, 10 ist ein erster Verschlebeschlußstein 18 (Fig. 3) längs einer ersten Bahnschne in der Koordinatenrichtung Y längsverfahrbar gelagert. Der erste Verschlebeschlußstein 18 weist eine im wesentlichen scheibenförmige vertikale Säule 19 auf, die mit ihren Breitseiten quer zu der Koordinatenachse Y orientiert angeordnet ist. Die als Hohlkörper dünnwandig aus entsprechenden Leichtmetallteilen zusammengefügtes Stu-

le 19 hat eine im wesentlichen keilförmige Querschnittsgestalt, wobei ihre breitere Stirnseite 20 zur Maschinenunterseite hin ausgerichtet ist. Sie ragt bis in die umstehende Nutrinne 10 des Auslegers 3 hinein. Die Stirnseite 19 nach unten und übergeht, wie aus Fig. 3 herzovergleicht, die Führungsbahn 17 der unteren Führungselemente 10. Anschließend an die hintere Stirnseite 20 ist die Säule 19 unten entsprechend der rückseitigen Konur des Maschinennetzes gestaltet, während die vordere Stirnwand 21 der Säule 19 etwa mit der Rückwand 22 einer im wesentlichen trapezförmigen Schenkel des Maschinennetzes 1 parallel zu der oberen Führungsbahn 9 verlaufend eingeschlossene hintenwärts Verliefung 23 fluchtet.

Auf der dem Dreieck 7 abgewandten Rückseite ist an die Säule 19 eine horizontal vorkrugende Maschinenkonstruktion 24 angeschlossen, die, wie aus Fig. 2 zu erkennen, ein Dreieck 25 aus einem unregelmäßigen dreieckförmigen Gesamtkörper, der sich über die gesamte Breite der Säule 19 erstreckt. Sie besteht aus einer plattenförmigen Konstruktionslementen und ist leichtgewichtig als Gehäuse ausgebildet, das sich mit auf der Ober- und der Unterseite vorgesehenen, im wesentlichen dreieckförmigen Absturzelementen schräg zu dem oben und unten stehenden Stahlkörper hin erstreckt so dass die Säule 19 auf einer plattenförmigen, über ihre gesamte Höhe und Breite abgesetzten. Die Konstruktionslemente der Maschinenkonstruktion 24 bestehen aus leichtgewichtigen Material, insbesondere aus kohlefaserverstärkten Kunststoffplatten.

Auf den Führungsbahnen 14, 15 und 16, 17 der beiden Führungselementen 9, 10 ist der erste Verschiebeschlitten 18 an einer dicken Lagerstelle, die räumlich so versetzt ist, dass sie auf einer Seite eine positive Führungsbahn und andererseits eine Fuge des Verschiebeschlittens 18 auf Bezug auf fünf Freihängegrade ergibt. Von diesen entsprechende Gleitlagerelemente enthaltenden Lagerstellen sind jeweils zwei paarweise einander zugeordnete Lagerstellen in dem Bereich 25 (Fig. 3) angeordnet, so dass eine einzelne Lagerstelle bei 27 (Fig. 3) die entsprechende Unterseite des Säulenfußes ruht somit die Säule 19 mit dem ersten Verschiebeschlitten 18 über die Lagerstellen 9, 16, 26 auf den Führungsbahnen 14, 15 der oberen Führungsbahnen 9, 10, während sie über die Lagerstellen bei 27 an ihrer Unterseite in unmittelbarer Nähe der Aufstelldrüse des Maschinennetzes 10 lediglich zeitigend gegen die Führungsbahn 17 auf dem Führungsbalken 10 abstützt.

An der Säule 19 sind auf dem Dreieck 7 zugewandten Vorderseite und der hinteren bräunten Stirnseite 20 jeweils parallele vertikale Führungsbahnen 28, 29 angeordnet, die gemeinsam eine Längsführung in der Z-Richtung bilden und auf denen ein zweiter Verschiebeschlitten 30 in Richtung der Z-Achse, d.h. vertikal verfahren kann. In der zweiten Verschiebeschlitten 30 weist ein im wesentlichen trapezförmiges horizontales Basisteil 31 auf, das sich unten an einen kestenartiger, in der Seitenansicht im wesentlichen dreieckförmiger Fortsatz 32 (Fig. 1) anschließt, dessen Länge etwa der Höhe des Maschinennetzes 1 oder etwa dem vertikalen Abstand zwischen den beiden Führungselementen 9, 10 entspricht. An dem Ende 33 und am unteren Ende des Fortsatzes 32 sind Gleitlagerelemente angeordnet, die räumlich wiederum derart verteilt angeordnet sind, dass sich eine große Führungslängse und damit eine stabile genaue Führung des zweiten Verschiebeschlittens 30 auf der Säule 19 ergibt. Solche Lagerelemente sind mit ihren Aufnahmehöhlungen an der Basisplatte 31 sche-

maisch in Fig. 5 bei 33, 34 angedeutet, während am unteren Ende des Fortsatzes 32 eine in Fig. 1 nicht weiter dargestellte Lagerstelle in der vertikalen Verlängerung der Lagerstelle 33 des Fig. 5 vorhanden ist. Diese Lagerstelle an dem Fortsatz 32 ist ebenfalls eine Lagerstelle bei 34 der Führungsbahn 29 auf der breiten Stirnseite der Säule 19 zugeordnet, während die Lagerstellen bei 33 mit den Führungsschienen 28 auf der vorderen Breiteite 21 der Säule 19 zusammenwirken. Aus diesem Grunde sind die Lagerstellen bei 33 etwa im Bereich der der Säule 19 zugewandten hinteren Be- reiche der Säule 19 angeordnet, während die Lagerstelle 34 im Bereich der Säule 19 angeordnet, während die Lagerstelle 33 bei 34, auf einem von dieser rechtwinklig vorspringenden Lagerarm 36 sitzt, der die breitere Stirnfläche 20 der Säule 19 übergeift (vergleiche Fig. 2).

Ebenso wie der erste Verschiebeschlitten 18 ist auch der zweite Verschiebeschlitten 30 an den jeweils erwähnten Lagerstellen in Bezug auf fünf Freihängegrade ausgebildet, wobei die gleiche Art und Weise erfolgt

die Fesselung jeweils durch die Versteifungsrichtung, die im einzelnen noch erläutert werden wird.

Der zweite Verschiebeschlitten 30 trägt seinerseits in Richtung der R-Koordinatenachse verschiedenelich gelagerte dritten Verschiebeschlitten 37, der im wesentlichen gehäusartig ausgebildet ist und auf weiteren gehäusartig ausgebildeter rohrförmiger Ausleger 38 angeordnet ist, um möglichst effizient mit 39 bezeichnetem Taster 39, wie weiter unten beschrieben, die Form der Innenvandung einer Bohrung 41 des Werkstückes 8 abzustützen. Die Anordnung und Ausbildung der drei Verschiebeschlitten 18, 30 und 37 sowie der Säule 19 sind derart geformt, dass der Massenschwerpunkt des auf diesen Teilen, einschließlich des Auslegers 38, auf dem zentralen System, bestehend aus den Führungsbahnen 9, 10 und den dazugehörigen Verstärkungen 11 – im Bereich zwischen den beiden Führungsbahnen 9, 10 – oder gegebenenfalls bezogen auf Fig. 3 – rechts hinter der unteren Führungsbahn 10 liegt. Die Lage des Menschen schwerpunktes hängt etwas von der jeweiligen Ausführung des dritten Verschiebeschlitten 37 ab, doch gelangt der Massenschwerpunkt nie in den Bereich vor der oberen Führungsbahn 9 (in Fig. 1 links von derselben), so dass die Säule 19 nach vorne kippen kann.

Auf dem horizontalen Basisteil 31 des zweiten Verschiebeschlittens 30 ist ein nach Art eines im Querprofil dreieckförmigen Hohlkörpers ausgebildetes Führungselement 42 befestigt, das an seinen Teilen des Fortsatzes 32 und gegenüberliegendem das Basisteil 31 aus Platten eines kohlefaserverstärkten Kunststoffes hergestellt ist. Der zweite Verschiebeschlitten 30 ist deshalb insgesamt ebenfalls leichtgewichtig konstruiert, um seine träge Masse auf ein Minimum zu reduzieren.

Der Ausleger 38 ist im Bereich seiner oberen Kante zwei horizontale, im wesentlichen trapezförmige Führungsbahnen 43 (vergleiche Fig. 1, 5), die aufeinander liegen, welche ein Winkel von 90° miteinander einschließen. Außerdem ist auf der der Säule 19 abgewandten Seite auf dem Führungselement 42 in unmittelbarer Nähe des Basisteiles 31 eine dritte horizontale Führungsbahn 44 (Fig. 5) vorgesehen. Auf diesen Führungsbahnen 43, 44 ist ein Werkstückhalter 45 in der Z-Richtung verstellbar gelöst. Er weist, wie bereits erwähnt, ein aus leichtgewichtigem Material, wie beispielsweise dünnen kohlefaserverstärkten Kunststoffplatten bestehendes, etwa quaderförmiges Gehäuse 45 auf, das den Ausleger 38 trägt und sich auf die Führungsbahnen

43, 44 abstützende, räumlich vertikal angeordnete Lagerstellen trägt, die in dem Bereich nicht weiter ange-  
deutet werden. Lagerstellen, von denen zwei im  
horizontalen Abstand cländer jeweils paarweise gegenüber-  
liegend mit den beiden oberen Führungsbahnen 43 zu-  
sammenwirken, werden durch eine mit der unteren Führung-  
bahn 44 zusammenwirkende Führungsbahn 45 ergänzt,  
so daß jedes der drei Verschlebeschichten 18, 30, 37 eine Fesselung in Be-  
zug auf die Freiheitsgrade zustande kommt, wobei die  
Fesselung berücksichtigt das sechsten Freiheitsgrades wie-  
derum durch die Stellurkraftung erfolgt.

Die zur Längsverschiebung der drei Verschlebeschichten  
18, 30, 37 in ihrer jeweiligen Führung (9; 10; 28; 29;  
43; 44) vorkommenden Schiebungen sind jeweils in Ge-  
stalt von Koordinatenführungen ausgebildet:

Für den ersten Verschlebeschicht 18 ist dazu eine  
parallel zu der oberen Führungsschiene 9 ausgerichtete, im  
Lagerböcken 45 (Fig. 1, 3) auf Konsole 46 an der  
Rückseite des Maschinenbettes 1 eingeschlossene Führungsbahn 45 vor-  
gesehen, die über einen Elektro-  
Stellmotor 46 angetrieben ist und mit einer in der Stütze  
19 befindlichen Spindelmutter 49 (Fig. 3) zusammen-  
wirkt. Die Spindelmutter 49 ist nahe des Massenschwer-  
punktes des aus dem dritten Verschlebeschicht 37, ein-  
schließlich des Auslegers 38 gebildeten Systems an-  
ordnet, um auftretende Kipp- oder Verdrehkräfte für  
den ersten Verschlebeschicht 18 auf ein Minimum zu  
reduzieren.

Die Verstellung des zweiten Verschlebeschichtes 30  
erfolgt über eine vertikale, parallel zu den Führungsbahnen  
28, 29 ausgerichtete an der unteren Seite der Säule 19  
drehbare, gemeinsame Gelenkzapfens 50, die  
ebenfalls in einem in einem Lagerzapfen an der Stütze 19 und  
anwendend in einem den Elektro-Stellmotor enthal-  
tenden Ausführungskasten 52 (Fig. 3) drehbar gelagert ist,  
das an der Säule 19 befestigt ist. Die Kopplung mit dem  
zweiten Verschlebeschicht 30 erfolgt über einen in der  
Basisplatte 14 vorgesehenen Spindelzapfen, die in den  
Zusammenhang mit weiter dargestellt ist.

Zur Verstellung des dritten Verschlebeschichtes 37  
dient die in Fig. 1 bei 53 dargestellte auf dem Führung-  
stiel 42 parallel zu den Führungsbahnen 43 ausge-  
richtet angeordnete Gewindezapfens 54, die einer-  
seits mit dem Spindelzapfen 50 verbunden ist und  
andererseits mit dem Elektro-Stellmotor zusammenwirkt.  
Hierbei vorgesehene Lager und Antriebsheitheit  
mit dem Elektro-Stellmotor ist bei 54 (Fig. 1) angedeutet  
und hier zugordnetes Lager an anderen Spindelende ist  
nicht weiter veranschaulicht.

Sowohl bei dem ersten Verschlebeschicht 30 als  
auch bei dem zweiten Verschlebeschicht 37 ist die Lage  
der zur den Gewindezapfen 50 bzw. 53 zusammenwir-  
kenden Spindelhüter bezüglich des Massenschwer-  
punkts des bewegten Teiles (30; 37) so gewählt, daß sie  
möglichst mit dessen Massenschwerpunkt zusammen-  
fällt, so daß sich eine hohe Formbeständigkeit erge-  
ben.

Aus der vorstehenden Beschreibung der Formmeß-  
anlagen ergibt sich, daß deren drei Verschlebeschichten  
18, 30, 37 mit extrem geringer trager Masse gehalten  
sind, um leichtgewichtige Konstruktionsdetails zu er-  
reichen, die in Leichtbauweise unter wegle-  
hender Verwendung von kontinuierl. verschraubten  
miteinander verschraubten Platten und Streben zusam-  
mengefügt, so daß sich eine hohe Formbeständigkeit nicht  
nur auf Rücksicht auf das Langzeitverhalten sondern  
auch unter wechselnden Temperatureinflüssen ergibt.

Die Formgestaltung der Konstruktion dieser einzelnen  
Elemente ist im Hinblick auf eine Optimierung der Stei-  
fligkeit ausgelegt.

Gleichzeitig sind die Führungsschienen bzw. leisten  
9, 10, 11, 12, 13, 14, 43, 44 so exponiert und ausgebildet,  
daß die von ihnen geschaffenen Führungen sich durch  
Langzeitstabilität und geringe Temperatureinflüsse aus-  
zeichnen und die bei der Bewegung der auf ihnen ge-  
führten bewegten Teile oder Schaltern entstehenden  
Transportkräfte (Beschleunigungskräfte etc.) ein-  
schließlich der Gewichtskräfte anwendbar aufgenommen  
können. Die Führungsschienen und -leisten sind verhält-  
nismäßig einfache Konstruktionselemente, die nur be-  
grenzte Genauigkeitsanforderungen zu genügen brau-  
chen. Sie bilden gemeinsam ein jeweils durch die Ver-  
schlebeschichten 18, 30, 37 verketten Transportsystem,  
das ausschließlich die Aufgabe hat, bei der Verstei-  
lung der Verschlebeschichten 18, 30, 37 unter ihnen jeweils zu-  
mindest eine Koordinatenachse Y, Z bzw. R aufzufinden  
und die entsprechenden Positionen der Führungen keine übermäßigen  
Abweichungen aufzuweisen.

Um bei der Verstellung der Verschlebeschichten 18,  
30, 37 längs ihrer Führungen auftretende Bahn- oder  
Positionierfehler zu erfassen und auszugleichen bzw. im  
Meßergebnis zu berücksichtigen, sind besondere Maß-  
nahmen getroffen:

Das Führungssystem für die Verschlebeschichten 18,  
30 und 37 ist in das im vorstehenden beschriebene  
"Transportsystem" und ein eigenes "Bezugssystem" auf-  
gestellt, das im wesentlichen unabhängig von dem Trans-  
portsystem des Führungssystems ist. Das Bezugssystem,  
dessen grundsätzliche Aufgabenbeschreibung in Fig. 4  
zu erkennen ist, stellt die Präzision der Führung und de-  
rige Positionierung in Bezug auf mehrere Achsen sicher. Es ist selbst  
keinen größeren Kräften ausgesetzt und so beschaffen,  
daß seine Geometrie langzeitstabil und wenig temperatur-  
abhängig ist. Demgemäß braucht das eigene  
Transportsystem, wie bereits erläutert, nur minimale  
Anforderungen an die Führungsmerkmale. Führungsmerkmale  
sind zu erfordern, da es kann beispielweise ohne Justa-  
tionen steif aufgezogen werden, während die eigent-  
lichen Führungselemente 9, 10; 28, 29; 43, 44 kostengün-  
stig ausgeführt und angeordnet werden können.

Das Bezugssystem besteht aus drei Bezugselementen in Ge-  
stalt von im Querschnitt rechteckigen Profilstählen gebil-  
det sind, welche wenigstens auf zwei einander benach-  
barten Seitenflächen genau gerade Abstände 55, 56, 57, die jeweils  
von im Querschnitt rechteckigen Profilstählen gebil-  
det sind, welche wenigstens auf zwei einander benach-  
barten Seitenflächen genau gerade Abstände 54, 55,  
55b, 55c bzw. 56a, 56b, 56c bzw. 57a, 57b, 57c tragen.  
Diese primären Elemente sind wiederum in Form von  
Längsprofilen oder, wie dargestellt, als Hohlkörper  
ausgebildet sein. Ihr Material und ihre Profilgestalt sind  
so gewählt, daß sie langzeitstabil und wenig temperatur-  
abhängig sind.

Die drei Normale 55, 56, 57 sind jeweils entsprechend  
dem Bahn- oder Koordinatenachsen Y, Z, R ausgerich-  
tet. Sie sind horizontal rechteckig aufeinander, wobei die  
beiden benachbarten Normale 55, 56 und 56, 57 an  
zwei Kopplungsposten bei 58 bzw. bei 59 miteinander  
gekoppelt oder verketzt sind. An diesen Kopplungs-  
posten 58, 59 sind Meßeinrichtungen vorgesehen, die an  
den Kopplungsposten 58, 59 angeschlossen werden. Relativbe-  
wegungen der Normale 54, 55 bzw. 57, 58 gegenüber  
den Größe und Richtung nach erfassen und für diese Meß-

11 werte kennzeichnende Meßwertsignale erzeugen, die einem bei 60 angedeuteten Rechner zugeführt werden.

dem bei einem Beobachter aus dem gleichen Zwecke sind die beiden Normalen 56, 57 der R- und der R-Achse endzeitig jeweils mit einem steiniformastablen Winkelkeil 61 bzw. 62 ausgestattet, das die jeweilige Meßlinie trug, die im folgenden noch beschrieben werden soll. Der Winkelkeil 61 ist stumpf an die untere Spitze des Z-Normals 56 angedeutet; er besteht mit seinen beiden Schenkeln die die Führungsbahnen 33a und die die Führungsbahnen 33b sowie die angrenzenden aneinander anschließenden Seiten der prismatischen Normalen 55, dessen gegenüberliegender Queranschlüsse gestutzt ist und beziehiglich dessen in der Y-Richtung verfarbar ist, wie dies durch einen Pfeil 63 angedeutet ist.

An dem anderen Winkelstiel 62 ist das horizontale R-Normal 57 einem seitlich stehenden Maßeinheit 62 übrig wiederum die zugeordnete Bezugslinie; es übertrifft die die Bezugslinie 58a und die Bezugslinien 58b,c tragen beiderseits markierbare Seiten des Z-Normals 56 und ist in der Z-Richtung gemeinsam mit dem R-Normal 57 in Richtung eines Pfeiles 64 verfahr-

Auf dem R-Normal 57, schließlich, ist ein drittes, ebenfalls formstables und im Querschnitt L-förmiges Winkellement 65 in der durch einen Pfeil 65 angegebenen Richtung verfahrbahr angeordnet, das ebenfalls eine der noch zu erläuterten Meßeinrichtungen trägt, welche ab Schritt 37 statt verbunden ist.

und mit dem R-Schraubstock.

Die an den Winkelstücken 61, 62, 65 jeweils angeordnete Maßblätter besteht aus fünf flächig verarbeiteten Maßblättern: Maßblatt 61a bis e bzw. 62a bis e bzw. 65a bis e. Diese Maßblätter sind als Längenmaßstab ausgebildet; sie können berührungslos oder berührend arbeiten und wirken mit der darin jeweils festgelegten Bezugslinie 54, 55, 56, 57 auf die Schraube 57a zusammen, die sie abstützen, damit an der durch sie definierten Stelle eine mechanische oder optische Abstand des Winkelstückes 61, 62 bzw. 65 von der jeweils zugehörigen Bezugslinie oder Abstastlinie des zugehörigen Normals 53, 56 bzw. 57 festgestellt wird. Die Maßblätter können, wie in Fig. 5 dargestellt, als kapazitive oder aber auch als induktive Maßstäbe ausgebildet sein, um nur zwei Beispiele zu nennen.

Das Meßprinzip sei anhand der Kopplungsstelle 50 erläutert:

Die beiden Meßstäbe 61a, b liegen auf einer Linie, die auf den tasten die obere Bezugsbahn des Y-Normals 35 ab. Sie erfassen deshalb alle translatorischen Relativbewegungen des Z-Normals 35 in der Z-Richtung bezüglich des Y-Normals 35 ebenso wie alle Kippbewegungen des Z-Normals 35 um eine zu der R-Achse parallele

Achse.  
Die benscharten beiden Meßtaster 51c, d tasten die an die stürmige Bezugsbahn 55a auf der Breitseite anschließende Bezugsbahn 55b des Y-Normals 55 ab und erfassen somit alle translatorischen Relativbewegungen des Z-Normals 56 bezüglich des Y-Normals 55 in der R-Achse, wie etwaige Drehbewegungen des Z-Normals 56 um die Z-Achse.

Der fünfte Meßstabs 61c, schließlich, ist in Z-Richtung gegen die beiden auf der gleichen Seite wirkenden Meßstabs 61c, d versetzt und tastet die im Abstand von der Bezugsbahn 55b auf der gleichen Seite des Y-Normals 55 liegende untere Bezugsbahn 55c ab. Er erfaßt alle Dreh- oder Kippbewegungen des Z-Normals 55 um die Y-Achse.

Damit werden durch die fünf Maßtaster 61a bis e räumlich alle Abweichungen der Ausrichtung der durch das Z-Normal 56 verkörperten Z-Achse, bezogen auf die durch das Y-Normal 55 verkörperte Ausrichtung der Y-Achse erfaßt.

In entsprechender Weise erfassen die Meßstabs 62a bis e des zweiten Winkelteils 62 alle Abweichungen der Ausrichtung der durch das R-Normal 57 definierten R-Achse, von der durch das Z-Normal 56 definierten Z-Achse, während von den Meßstaben 65a bis e an dem Winkelteil 65 alle Abweichungen der Ausrichtung des dritten Verschiebeschnitts, d. h. der R-Schlitten 37 von der durch das R-Normal 57 definierten R-Achse erfaßt werden.

Die Normalz. 55, 56, 57 der drei Achen Y, Z und R stehen somit über die Melastas 51, 52, 53 abgesondert, eingriffig, in Ellipse, so daß die Abstufungserfahrung und von dem Resultat 69 bzw. der Bestimmung des Melastas 51, 52 abweichen kann. Das Melastum berücksichtigt das Gesamtausmaß der Präzision und die Stellung der Blätter. Durch die bestehenden Stärke 55 und der Form ist es wahrscheinlich, daß die Melastas 51, 52 sowie die dritten und den zweiten Verschließbündeln 37 und den Winkelsteinen 61 ein Verhältnis von der starren Verbindung abweichen. Die Normalz. 56, 57 mit dem ersten und dem zweiten Verschließbündeln 18 bzw. 19. Da die Melastas 51, 52 eine starre Verbindung mußt es sich um einen Verlust handeln, wenn sie kein Verschließbündel, d. h. beschaffen sei, daß nach dem Verschließbündel, d. h. nach dem Verschließbündel, kein Kräfte auf die Normalz. 56, 57 und die Melastas 51, 52 einwirken.

d. b. das Transportieren und  
Wiederholen überlassen aus den Fig. 1 bis 3 zu entnehmen,  
ist das parallel zur Y-Achse ausgerichtet erst Norma  
55 in der räumlichen Verarbeitung 23 parallel zu und im  
Abstand von der oberen Führungsschiene 9 auf das  
Maschinengebäude 1 gelagert. Dabei ist das Normal 55 auf  
zwei befestigungen, im wesentlichen punktförmigen  
Lagerstellen bei 66, 67 (Fig. 2) aufgeglichen, die eine La-  
gerplattform bzw. ein Lagergestell 68 bilden. Ein Lagerkugel  
aufweisen, um das Normal 55 von dem Maschinengebäude  
abgekoppeln zu können. Seitlich ist das Normal 55 an einer Lagerstelle 68 (Fig. 2) über einer  
Lagerblatt 69 so gehalten daß in dieser Lagerstelle  
die Achse Axialrichtung auf das Normal 55 einwirken kann.  
Durch diese Lagerung mit einer Begrenzung in sechs  
Freiheitsgraden ist gewährleistet, daß sich Formänderun-  
gen des Maschinengebäudes 1 nicht auf das Normal 55

übertragen können.  
50 Das auf die Z-Achse ausgerichtete vertikale Normal  
55 ist in grundsätzlich ähnlicher Weise an der vorderen  
Stiruseite 21 der Säule 19 so befestigt, daß Formände-  
rungen der Säule 19 nicht auf das Normal 56 übertragen

55 Das auf die R-Achse ausgerichtete horizontale Normal 57, schließlich, ist auf auf dem dritten Verschiebungsschlitten 30 in der aus Fig. 5 ersichtlichen Weise an zwei gegenüberliegenden, konkavförmigen Lagerstellen 70, 71 auf-

beabstandete punktformigem  
Baustein 31 abgesetzt, wobei die Lagerstelle 70 eins  
Lagerprismus 72 und einer das eingreifende Lagerstück  
73 und die den Winkelstein 62 beschwerte Lager-  
stelle 71, eine Lagerprismus 74 und eine Lagerkugel 75  
aufweisen. Das Lagerprismus 72 dessen Achse parallel  
zu dem Normal 37 ausgerichtet ist und die Lagerprismen  
74 sind auf die Konsolen 76 des Baustein 31 befestigt  
während die Lagerstücke 73, 75 in Fig. 5 nicht weiter  
dargestellten Lagerstangen an der Unterseite des No-  
tensitzes 57, verbaut sind. Auf diese Weise ist sichere

steht, daß sich Formänderungen des Bauteiles 31 und damit zwangsläufig Verschiebungsschleifstift 30 nicht auf das Normal 37 übertragen können.

Die beiden Auflagerstellen 66, 67 der Y-Normals 35 auf dem Maschinenteil 1 sind, wie bereits erwähnt, grundsätzlich für die Auflagerstellen 70, 71 für die R-Normals 37 gedacht. Es gilt auch für die Ausbildung der zentralen Halterung für 68 für das Y-Normal 45 und das R-Normal 37, das anhand, der Fig. 5 kurz für das Y-Normal 35 erläutert werden soll:

In die entsprechende Seitenwand des Normals 35 ist ein aus Stahl bestehender beidseitig parallel geschrägte Lagerflächen 77 tragender Stopfbügel 76 eingesetzt, der beidseitig zwischen den Mittelpunkten auf einer gemeinsamen Achse 80 liegt. In Kugelzufallen 81 aufgenommen sind von denen eine in einem Druckstück 82 und die andere in einem ortsfesten Hälter 83 sitzt, der in eine entsprechende Gewindebohrung des Lagerbügels 69 (Fig. 2) eingeschraubt ist. Die Abstände 79 der Zentren der Lagerflächen 77 vom Ende des Druckstückes 82 bis zum Ende des durch Bohrungen 86 in der gegenüberliegenden Wand des Normals 35 zugänglich sind, sind das Druckstück 82 und der Hälter 83 gegeneinander verpasst. Dazwischenliegende Druckfedern 87 gewährleisten eine federnde Ansprache der beiden Lagerzügen 79 an das Lagerbügel 69.

Die sich auf entsprechende Lagerzügen 79 auf den Lagerbügeln 69 frei schrollen können und im übrigen eine genaue horizontale Halterung des Normals 35 bewirken, können Formänderungen des Maschinenteiles 1 und des Lagerbügels 69 nicht auf das Normal 35 übertragen werden.

Gleiches gilt für die entsprechend gestalteten Lagerungen der Normale 56 an der Säule 19 und 37 an dem Bauteil 31.

Das bezüglich des R-Normals 37 verfahrbare Winkellement 45 ist starr mit einer Innenseite des Gehäuses 43 des dritten Vierfußschleifers verbunden. Um einen kräftefrei, wendefähigen Kontakt mit dem Gehäuse 43 zu gewährleisten, muß die Achse des Winkelelements 45 so geformt sein, daß das Winkellement 45 alle Bewegungen im Raum des Auslegers 38 und damit des Tasters 39 bezüglich des R-Normals 37 mitmacht.

Auf diese Weise ergibt sich eine kaskadenartige Verkettung des Tasters 39 über die Mefzäste 61 bis e, 62a bis e, 61a bis e und die Mefzäste 55, 56, 57 zwischen dem Meßkreis, der durch das Maschinenteil 1 und die Werkstoffstütze 30 in Form des Drehschlitzes 7 geschlossen ist. Grundsätzlich kann in diesem geschlossenen Meßkreis auch eine Lageabweichung der C-Achse, die zentralisch zu der Bohrung 41 verläuft, in fünf Freiheitsgraden genommen und benötigt, um aufgenommen zu kommen in einem zentralen Bereich geschützter. Weise die die C-Achse definierenden Lagerstellen über mindestens fünf Mefzäste meßtechnisch erfäßt und auf einer der Normale bezogen werden.

Im Betrieb der Formmeßmaschine werden somit in den den einzelnen Bahnhäschsen Y, Z, R zugeordneten Punkten, welche aufruhende räumliche Führungsfelder der Größe und der Richtung nach einwandfrei erfaßt und in Form von entsprechenden Mefwertsignalen dem Rechner 60 zugeleitet, der Signale erzeugt, die entweder dazu benutzt werden, die resultierende Orientierungs- oder Positionsabweichung in Form des Tasters 39 des Tasters 39 in den Orientierungswinkel des Meßgerätekörpers rechnet, oder aber durch unmittelbare Beeinflussung der Steuerlichtungen in den einzelnen Achserichtungen die Bahnschwingungen mechanisch zu berücksichtigen.

Die Anforderungen an das Bezugssystem bezüglich einer idealen Bahnskurve lassen sich nicht leicht formulieren, da die Berechnungen der Normale 35, 56, 57 vor einer eigentlichen Messung mit einer idealen Referenzkurve verglichen werden. Die dabei festgestellten Abweichungen werden in dem Rechner 60 als Datensatz dauernd gespeichert und bei den zukünftigen Messungen berücksichtigt. Die Hauptanforderungen an die einzelne Normale 35, 56, 57 sind dann nicht die Verkürzung einer idealen Bahn, sondern möglichst Langzeitstabilität und Temperatursensibilität.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur exakten Bestimmung von Raumpunkten bei einer mehrere Bahnhäschsen aufweisenden Maschine, insbesondere Maschinen, die ein Führungssystem mit einer entsprechend den einzelnen Führungselementen (Y, Z, R) ausgerichtetem länglichen Fahrzeuge (9, 10, 28, 29; 43, 44) und auf diesen längsbeweglich gelagerten Schlitten (18, 30, 37) aufweist, von denen wenigstens einer zur Aufnahme eines Längs einer vorbestimmten Bahn im Raum zu bewegende (Teile (40) eingeschlossen) ist, bestehend aus einzelnen, voneinander ausgerichteten länglichen Bezugselementen (55, 56, 57), die durch ihnen benachbarte Mefzäste (61a bis e; 62a bis e; 65a bis e) abstastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in einem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berechnung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit abzugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e; 65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in einem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berechnung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30, 37) tragenden Führungselementen besteht und lediglich zur Aufnahme der bei der Bewegung der Schlitten auftretenden Transport- und Gewichtskräfte ausgelegt ist und mit ab-

zugrenzen und die Mefzäste (61a bis e; 62a bis e;

65a bis e) abtastbar sind, welche bei Bewegung des jeweiligen Schlittens längs seiner Führung auftretende Bahnschwingungen feststellen, bestehend aus einem

Mefzästen (61a bis e) und einem Mefwertsignale in ei-

nem Rechner (60) eingeschlossen, der sie bei der Berech-

nung von Orts- oder Bahnkoordinaten oder Stellgrößen verarbeitet und

wobei das Führungssystem in ein mehrschichtiges

Transportsystem für die Schlitten (18, 30, 37) und ein entsprechendes mehrschichtiges Bezugssystem aufgebaut ist, von dem das Transportsystem aus den

die Schlitten (18, 30

stelle (58, 59) übergreift und angeordnet sind.  
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen einer der Schlitten (37) mit einem ein zugeordnetes Bezugselement (57) 10  
übergreifend angeordneten Winkelelement (65) 5  
starr verbunden ist, an dem Meßständer (56) bilden  
angeordnet sind, die die Bahnschienen (54) des  
Schlittens (37) auf einer Seite mit dem Bezugselement (47)  
der Größe und Richtung nach feststellen und ent-  
sprechende Melwertsignale in den Rechner (60) 10  
eingeben.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den  
Kopplungsstellen (38, 39) zwischen dem Meßständer  
(61a bis 61c, 62a bis 62c) räumlich vertikal derart 15  
angeordnet sind, daß durch sie alle von der jeweiligen  
Bahnschiene abweichenden Relativbewegungen  
zwischen den beiden Bezugselementen (55, 56; 57,  
58) der Größe und Richtung nach erfäßbar sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den  
Bezugselementen (55, 56, 57) räumlich voneinander  
getrennte Beugungsbahnen (55a bis c; 56a bis c; 57a  
bis c) zur Abtastung durch die Meßständer angeord- 25  
net sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über  
Meßständer nebeneinander angeordnete Bezugselemen- 30  
te (55, 56, 57) an einer Baugruppe mit Schlitten (18, 30)  
starr verbunden sind und daß ein Bezugselement 30  
(55) des Bezugssystems starr mit einem Maschinien-  
bett (1) verbunden ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das jeweilige Bezugselement (55, 56,  
57) an einer der Schlitten oder dem Maschi- 35  
nennbett an diskreten Aufhängestellen derart aufge-  
hängt ist, daß es im wesentlichen frei von äußeren  
Krafteinwirkungen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Bezugselement (55, 56, 57) mit 40  
einer Begrenzung in 6 Freiheitsgraden aufgehängt  
ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß das Bezugselement (55, 56, 57) an 45  
zwei Stellen (hswp. 66, 67) im wesentlichen punkt-  
weise unterstützt und an einer dritten Stelle (68) 50  
seitlich abgesetzt ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß an wenigenen einer 55  
Aufhängestelle (71; 70) ein Kugel/Pfanne- oder  
Prismenlager (75, 74; 73, 72) angeordnet ist.

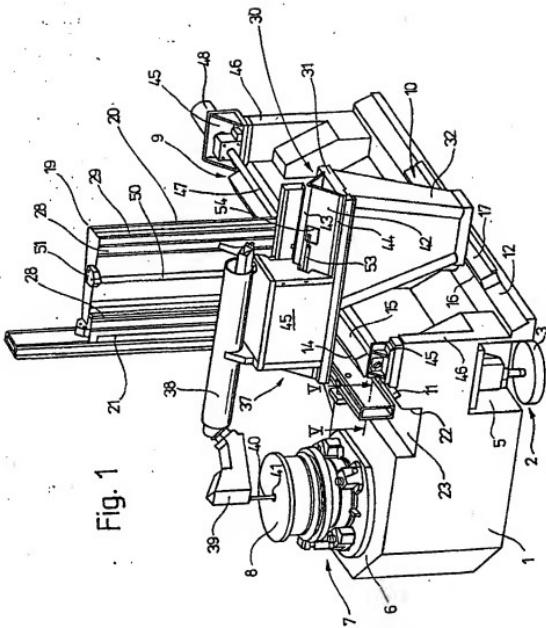
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß an wenigenen einer 60  
Abstützung einer Aufhängestelle das Bezugselement  
(55, 56, 57) zwischen zwei elastisch vorgespannten  
und sich auf ebenen Lagerflächen (77) absitzenden  
den Lagerkügel (79) axial beweglich gehalten ist.  
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem 65  
Bezugssystem eine Führung eines zu verme-  
senden oder zu bearbeitenden Werkstückes über  
Meßständer gekoppelt ist, die für die Abweichung  
wenigstens einer Werkstückaufnahmeebene (C) 70  
von zumindest einem Normal des Bezugssystems  
kennzeichnende Melwersignale in den Rechner (60) 75  
eingeben.

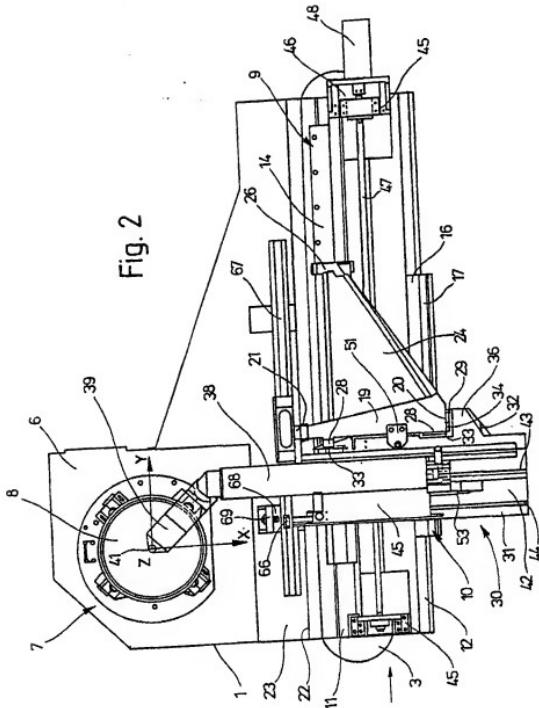
Hierzu 6 Seite(a) Zeichnungen

- Leeres Seite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 1





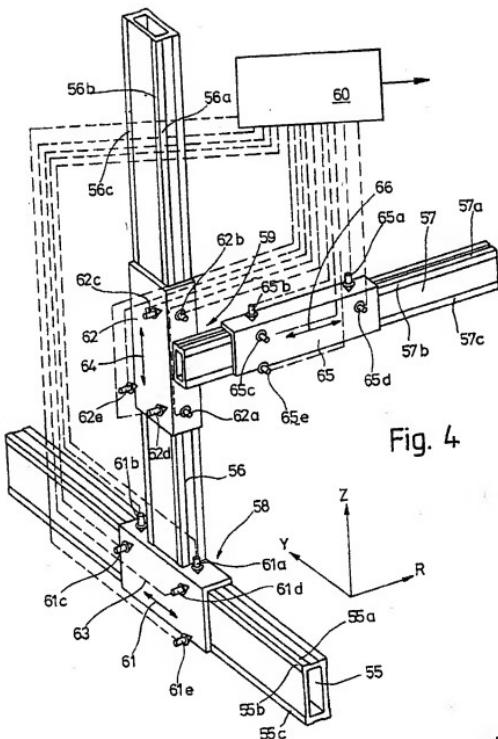


Fig. 4

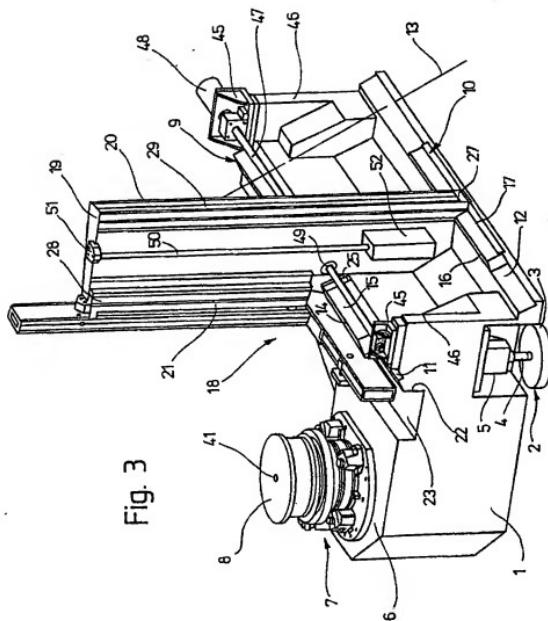
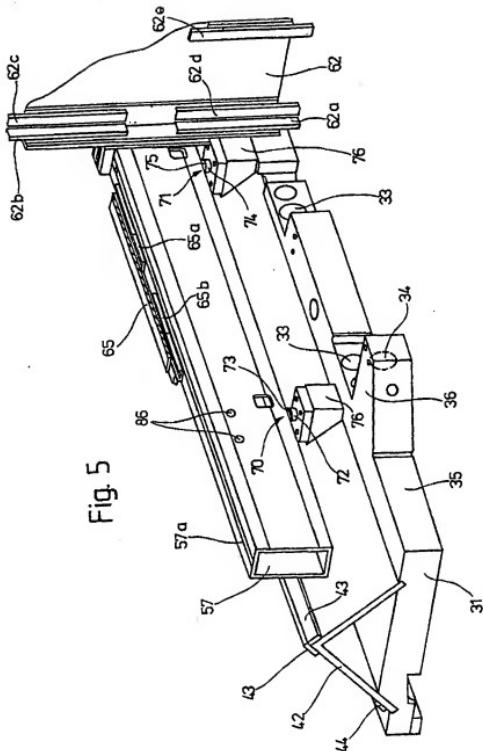


Fig. 3



600 125/260

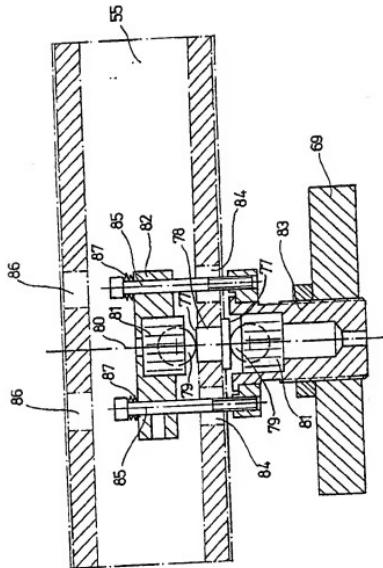


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.